

4) получение исходных данных для проектирования выпарной кристаллизационной установки с нагревом СВЧ-излучением.

В докладе приведены данные проведенных экспериментов, введен и обоснован коэффициент, устанавливающий связь между мощностью излучения, площадью зеркала раствора и брызгоуносом материала, составлен энергетический баланс процесса, вычислен КПД.

УДК 662.741.3

Кузовков С. В., Дунцев Д. Ю., Мамаев М. В., Стахеев С. Г.
Уральский федеральный университет,
ukovuhin@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ «ДОБАВКИ КОКСУЮЩЕЙ» ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОКСА КАК ПУТЬ УВЕЛИЧЕНИЯ ГЛУБИ- НЫ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Глубина переработки нефти (ГПН) на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) в Европе составляет 85 %, в США – 96 %, в то время как на НПЗ в России в 2013 г. ГПН составила всего 71,5 %. Таким образом, увеличение ГПН в России является в настоящее время актуальнейшей задачей.

Увеличить глубину переработки нефти до 85–90 % можно только при условии переработки гудрона и тяжелых нефтяных остатков с получением дополнительного количества светлых дистиллятов в таких процессах, как каталитический крекинг; гидрокрекинг; висбрекинг и замедленное коксование.

Наиболее эффективным и динамично развивающимся процессом в мире является замедленное коксование. Мировое производство нефтяного кокса в установках замедленного коксования (УЗК) растет устойчивыми темпами, и в настоящее время мощности по перерабатываемому сырью достигли ~ 220 млн т в год. Это обусловлено тем, что каждый процент увеличения мощности процесса коксования к объему первичной переработки обеспечивает 4–5 % экономии перерабатываемой нефти [1].

Широкое распространение УЗК на зарубежных НПЗ обусловлено не стремлением увеличения производства нефтяного кокса для алюминиевой и электродной промышленности (для этих целей используется всего 12-14 млн т в год), а необходимостью получения максимального количества дистиллятов для последующего производства моторных топлив и, как следствие, углубления переработки нефти [1]. Основное количество получаемого за рубежом нефтяного кокса используется в качестве топлива для получения тепловой или электрической энергии с обязательной очисткой дымовых газов от соединений серы.

На российских НПЗ в настоящее время эксплуатируется девять УЗК проектной мощностью ~7,6 млн т по исходному сырью в год. Нефтяной кокс трех НПЗ с содержанием серы до 1,5 % и выходом летучих веществ не более 9 % используется в алюминиевой промышленности. Остальные предприятия сталки-

ваются с трудностями при реализации производимого нефтяного кокса с содержанием серы более 3 %. Использование высокосернистого кокса в энергетике сдерживается необходимостью значительных капитальных затрат в строительство сероочистных установок.

С целью квалифицированного сбыта твердого продукта замедленного коксования в России была разработана и освоена на промышленных УЗК технология получения «добавки коксующей» (ДК) для применения в качестве компонента угольной шихты для производства кокса [1, 2]. «Добавка коксующая» отличается от нефтяного кокса повышенным выходом (до 15–25 % масс.) летучих веществ.

По литературным данным, ДК квалифицированно заменяет концентраты спекающихся углей ценных марок К, КО, ОС, обеспечивает повышение выхода металлургического кокса и снижение от 5 до 20 % удельного расхода кокса на выплавку чугуна, никеля, меди [3] за счет улучшения его качества [4].

ДК отличается от угольных концентратов очень малой зольностью, но в то же время высоким содержанием серы. Данные технического анализа одной из проб ДК, %: зольность (A^d) – 0,39; выход летучих (V^{daf}) – 18,7; содержание серы (S^d) – 4,43. Для сравнения: концентраты спекающихся углей Кузнецкого бассейна имеют зольность (A^d) на уровне 8–10 %, а содержание серы (S^d) около 0,5 %. Цена ДК значительно ниже цены угольных концентратов заменяемых марок.

Для изучения влияния качества исходной шихты, периода коксования шихты и содержания в шихте ДК на механическую прочность получаемого кокса был проведен математико-статистический анализ работы одного из коксохимических предприятий России за год.

Оценивали влияние на качество кокса по показателям М25 и М10 следующих параметров: толщина пластического слоя; плотность насыпной массы шихты, помол шихты, выход летучих, содержание в шихте добавки коксующей и периода коксования. Из-за узкого диапазона изменения величины первых четырех показателей их влияние на качество кокса выявлено не было. Из входных параметров значимыми являются содержание в шихте ДК и период коксования. Число наблюдений составило 308 для показателя М25 и 710 для показателя М10.

В результате статистической обработки данных было установлено, что экспериментальные данные наилучшим образом описываются уравнением множественной нелинейной регрессии. Уравнение множественной нелинейной регрессии для показателя М25, характеризующего прочность кускового тела кокса, имеет следующий вид:

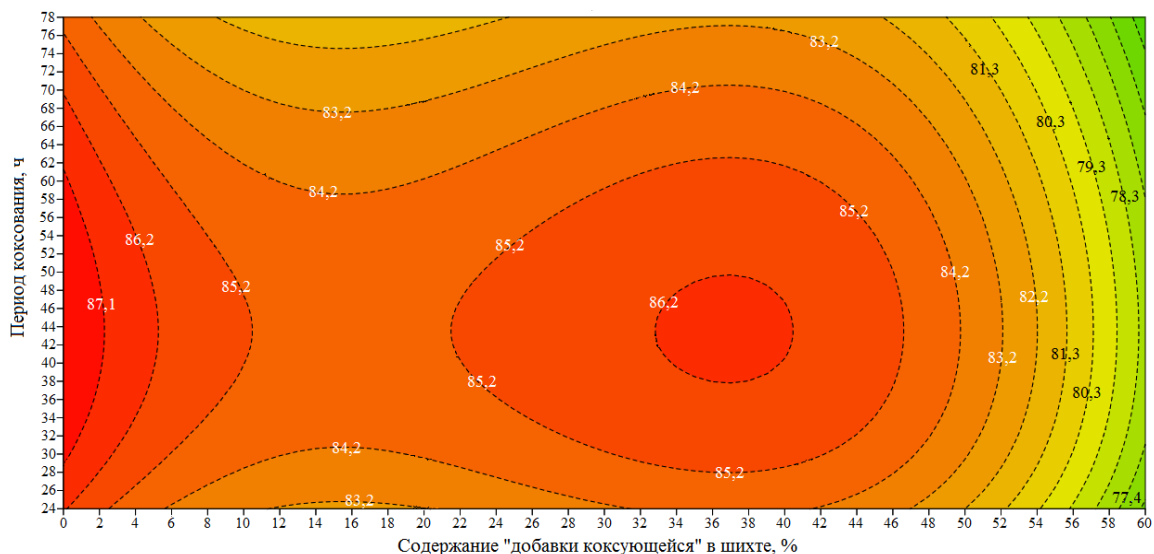
$$M25 = 60,06 - 0,48DK - 0,644ПК + 8,48ПК^{1/2} + 0,022DK^2 - 0,00028DK^3,$$

где ДК – содержание в шихте добавки коксующей, %; ПК – период коксования, ч.

Регрессионный анализ показал, что коэффициенты регрессионного уравнения значимы, а полученное уравнение регрессии адекватно экспериментальным данным. Коэффициент детерминации (R^2) равен 0,751, что по шкале Чеддока характеризует связь между М25 и переменными как высокую. Средняя относительная ошибка прогнозирования показателя М25 равна 1,23 %.

Связь показателя M10, характеризующего истираемость кокса, с периодом коксования и содержанием ДК по шкале Чеддока характеризуется как умеренная, так как коэффициент детерминации (R^2) в уравнении регрессии равен 0,407. Средняя относительная ошибка прогнозирования показателя M10 составляет 7,07 %.

Для практического применения результатов математико-статистического анализа была составлена карта уровней для показателя M25 (рисунок). Карта уровней позволяет оперативно принимать решения по использованию ДК в зависимости от текущего периода коксования на батарее и требований к механической прочности кокса.



Зависимость механической прочности кокса от периода коксования и содержания в шихте ДК

Таким образом, задача получения и использования ДК для производства кокса носит межотраслевой характер, и ее решение позволит увеличить глубину переработки нефти в нефтеперерабатывающей и улучшить сырьевую базу в коксохимической отраслях промышленности.

Список литературы

1. Габбасов Р.Г. Разработка технологий производства нефтяного углерода для использования в металлургической промышленности. 05.17.07. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ. Автореферат дисс... канд. техн. наук. Уфа, 2012.
2. Способ получения коксующей добавки замедленным коксованием нефтяных остатков: пат. Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://ru-patent.info/24/69/2469066.html> (дата обращения: 17.11.2014).
3. Исследование использования добавки коксующейся в производстве кокса для черной и цветной металлургии. Результаты. Достижения. Перспективы: Доклад / ООО «Проминтех НКА» // М. И. Стуков, М. В. Мамаев, В. А. Кобелев [и др.]. Екатеринбург, 2012.
4. Стуков М. И., Загайнов В. С., Куколев Я. Б. [и др.]. Исследование возможности использования «модифицированного» нефтяного кокса в качестве коксующей добавки к угольной шихте с целью повышения прочностных показателей металлургического кокса // Кокс и химия. 2009. № 8. С. 12–15.